



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06274575 A**

(43) Date of publication of application: 30.09.94

(51) Int. Cl. **G06F 15/60**(21) Application number: **05060737**(22) Date of filing: **19.03.93**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(72) Inventor: **YAMADA SHUICHIRO**(54) **MESH MODEL PREPARATION SYSTEM FOR  
FINITE ELEMENT METHOD ANALYSIS**

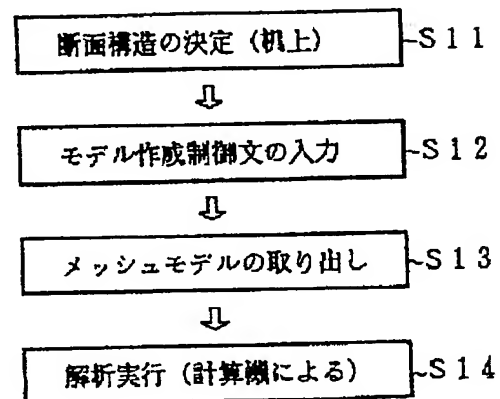
taken out in the step S13 and analysis by a finite element method is executed in the step S14.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio

**PURPOSE:** To reduce manual work and to reduce the burdens of a user by indicating the cross-section structure of an analysis object model using a numerical value corresponding to a material, indicating an area ratio between adjacent mesh elements and thereby automatically preparing a mesh model.

**CONSTITUTION:** The cross-section structure of the analysis object model, a circuit on a printed board for instance, is decided on a desk in a step S11 and a model preparation control sentence is inputted to a computer based on the decided cross-section structure in the step S12. The model preparation control sentence indicates the cross-section structure of the analysis object model provided with a conductive maternal by using the numerical values corresponding to the plural kinds of the respective materials, makes a cross section dividable into plural areas prior to mesh division and further, makes the mesh model preparable by indicating the area ratio between the adjacent mesh elements in the plural respective areas. Thus, the mesh model is automatically prepared by the computer, the model is



(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-274575

(43)公開日 平成6年(1994)9月30日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 6 F 15/60

識別記号

4 5 0

庁内整理番号

7623-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平5-60737

(22)出願日 平成5年(1993)3月19日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 山田 修一郎

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 大菅 義之 (外1名)

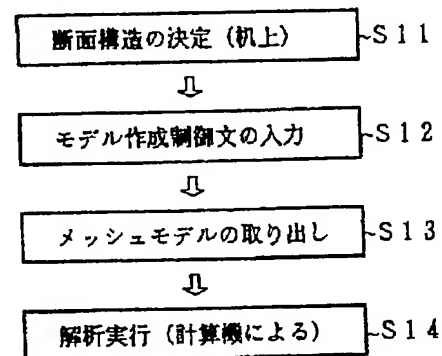
(54)【発明の名称】 有限要素法解析のためのメッシュモデル作成方式

(57)【要約】

【目的】 例えばプリント基板上の回路のように、複数種類の材料から構成される導電体の電気特性を有限要素法によって解析するための、コンピュータによるメッシュモデル作成方式に関し、人手の作業を減らし、ユーザの負担を軽減することを目的とする。

【構成】 解析対象モデルの断面構造を各材料に対応する数値で指示してメッシュ分割に先立って断面を複数の領域に分割可能とし、該各領域内の隣接メッシュ要素間の面積比の指示によりメッシュモデル作成制御文をコンピュータに入力し、メッシュモデル作成を行うようにする。

## 本発明の機能ブロック図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数種類の材料から構成された導電体の電気特性を有限要素法によって解析するためのコンピュータによるメッシュモデル作成時において、前記導電体を含む解析対象モデルの断面構造を、前記複数種類の各材料に対応した数値を用いて指示してメッシュ分割に先立って該断面を複数の領域に分割可能とし、該複数の各領域内における隣接メッシュ要素間の面積比の指示によりメッシュモデル作成を可能とするモデル作成制御文を前記コンピュータに入力し、メッシュモデルの自動作成を行うことを特徴とする有限要素法解析のためのメッシュモデル作成方式。

【請求項2】 前記隣接メッシュ要素間の面積比を等化とすることを特徴とする請求項1記載の有限要素法解析のためのメッシュモデル作成方式。

【請求項3】 前記解析対象モデルの周囲の領域を必要に応じて複数の領域に分割可能とするためのクリティカルポイント（表皮有無のコンディション）指示を前記モデル作成制御文内において可能とすることを特徴とする請求項1、または2記載の有限要素法解析のためのメッシュモデル作成方式。

【請求項4】 前記導電体を含む解析対象モデルの断面構造が該断面に垂直な方向に連続的に変化していることを特徴とする請求項1、2、または3記載の有限要素法解析のためのメッシュモデル作成方式。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は有限要素法による解析のためのメッシュモデル作成方式に係わり、さらに詳しくは例えばプリント基板上の回路のように複数種類の材料から構成された導電体の電気特性を有限要素法によって解析するためのコンピュータによるメッシュモデル作成方式に関する。

## 【0002】

【従来の技術】有限要素法は構造解析、温度解析、電磁界解析など様々な分野で用いられている有力な解析方法である。本発明においてはプリント基板上の回路を伝送路とみなし、この伝送路解析のためにあらかじめ解析対象の導電体を微小要素に分割するメッシュモデル作成方式をその対象とする。

【0003】図20は有限要素法による解析方式の従来例である。同図においては、まずステップ（S）1において例えばプリント基板上の回路を伝送路として解析する場合にはその伝送路の断面、すなわちプリント基板の断面構造が机上で決定され、S2でCADを用いてその断面構造の図面が入力され、S3で解析対象モデルとしての断面を微小要素に分割するメッシュ分割時における要素分割方法の指示が行われた。

【0004】このS2の断面構造の入力時にはCADに習熟している必要があり、またモデルの寸法の入力等が

煩雑であり、更にS3の分割方法の指示においてはモデル毎にその特性を見極め、適当な分割方法を指示する必要があった。

【0005】メッシュモデルが作成されるとS4でそのモデルが取出され、S5においてコンピュータにより有限要素法による解析が実行される。次にこのメッシュモデル作成について従来方式を更に詳しく説明する。

【0006】有限要素法を実行するための解析対象伝送路のメッシュモデル化においては、少なくとも1000個の要素に伝送路のモデルを分割（以降、要素分割と呼称する）する必要がある。

【0007】そして、要素分割する際の分割に際しては、細かく分割する箇所と粗く分割する箇所とがあり、解析対象の構造的な性質により、適宜採り入れる必要がある。更に、上記のような分割を行うために、要素分割する前に伝送路のモデルを幾つかの大まかな領域に分割（以降、領域分割と呼称する）し、それぞれの領域を細かく分割してメッシュモデルとしなければならない。

【0008】また、領域毎にメッシュモデル化したものを領域の境界線上で分割の整合をとっておく必要もある。これらの作業を手で行うには、多くの労力が必要であり、これを自動化、省力化するに当たって幾つかの手法が用いられてきた。

【0009】一般的には、以下の方法で生成されていた。

① 解析対象モデルを伝送路解析に最適な要素分割が得られるように、幾つかの領域に分割する。（人手で決定）

② 分割した領域を直交座標系に変換して計算機に入力する。（入力作業は人手）

③ 分割された領域毎に分割方法をそれぞれ指示する。（人手で行う）

この時の指示の仕方として、例えば最小要素を手で指示し、これから等比で面積を増やす、といった方法がある。

④ ①～③の解析対象モデル指示後、計算機は与えられた座標と各領域の要素、等比分割時の比率を元に要素分割を実行する。（自動化されている）

従来の方では、以下の点が問題となっていた。

① 伝送路の構造を直交座標系に変換して数値化して計算機入力しなければならなかった。

② 要素分割された結果を予測して領域分割し、分割された領域に対して、要素分割の方法を指示する必要があった。

③ これらの理由により、人手の負担と作業の間違いの可能性があった。

【0010】本発明の課題は、最小限の指示によって導電体解析のための最適な分割を行うことのできるメッシュモデル作成方式を提供すること、すなわち、解析対象モデルの特徴を簡略化して入力することを可能にし、な

おかつ分割方法の指示を省略することによって人手の作業を減らし、ユーザの負担を軽減することである。

【0011】

【課題を解決するための手段および作用】図1は本発明の機能ブロック図である。同図は有限要素法解析のためのメッシュモデル作成方式、例えば複数種類の材料から構成された導電体の電気特性を有限要素法によって解析するためのコンピュータによるメッシュモデル作成時の機能ブロック図である。

【0012】図1において、まずステップ(S)11において解析対象モデル、例えばプリント基板上の回路の断面構造が図20におけるS1と同様に机上で決定され、決定された断面構造に基づいてS12でモデル作成制御文がコンピュータに入力される。

【0013】このモデル作成制御文は、導電体を含む解析対象モデルの断面構造を前述の複数種類の各材料に対応した数値を用いて指示してメッシュ分割に先立って断面を複数の領域に分割可能とし、更にその複数の各領域内における隣接メッシュ要素間の面積比の指示によってメッシュモデル作成を可能とするものである。

【0014】これによってメッシュモデルはコンピュータによって自動作成され、S13でそのモデルが取り出され、S14でそのモデルを用いて有限要素法による解析が実行される。

【0015】本発明においては前述の隣接メッシュ要素間の面積比は例えば等比とされる。これは例えばメッシュ要素を三角形とし、隣接メッシュ要素間で1つの辺を共有する時、その辺に対するそれぞれのメッシュ要素の高さを等比とすることより面積が等比とされる。

【0016】また解析対象モデルの周囲の領域、例えばプリント基板の上と下の空気の部分を、必要に応じて複数の領域に分割可能とするために、クリティカルポイント(表皮有無のコンディション)の指示が前述のモデル作成制御文内において可能とされる。これによって、例えばプリント基板上の空気の一部を対象モデルに含む場合には、その対象モデルの境界線としての空気の境界線上を細かく分割するか否かが指定可能となる。

【0017】以上のように、本発明においては解析対象モデルの断面構造を材料に対応した数値を用いて指示することにより、隣接メッシュ要素間の面積比を指示することにより、メッシュモデル自動作成が行われる。

【0018】

【実施例】本発明におけるメッシュモデルの自動作成を説明する前に、まず本発明における解析対象モデル、その領域分割、クリティカルポイントの指定、領域の要素分割などについて図2～図8を用いて詳しく説明する。

【0019】図2は本実施例において解析対象とする導体モデルの断面図である。同図は例えばプリント基板上の回路の一部の断面を示すものであり、中央に伝送路の一方としての導体があり、その回りに誘電体、その上下

にアース電極が配置され、更にその上下左右に空気があるというモデルを示している。

【0020】図2において本実施例の導体モデルは多層構造となっており、縦方向(y方向)にY1～Y7の7つの層があり、横方向(x方向)はX1～X5の5つの領域に区分されている。

【0021】図3は図2における層構成と各層の寸法(長さ)のテーブルである。これらのデータはメッシュモデルの自動作成を行うためにコンピュータに入力させるモデル作成制御文における基本データである。これらのデータのうちx方向層数(領域数)nは図2においては5、y方向層数mは7である。また最小要素長eは、図6で説明するようにメッシュ分割時の1つのメッシュとなる三角形のうちの面積最小の三角形の3つの辺のうちで最も短い辺の長さである。更に隣接要素の面積比rは1つの辺を共通とする隣接する2つの三角形の面積の比、すなわち共通の辺を底辺とする時隣接する2つの三角形の高さの比に相当する。

【0022】図4は図2の導体モデルを数値モデル化したものである。同図において導体モデルは空気を0、導電体を1、誘電体を2として数値モデル化されている。本発明のメッシュモデル作成方式を利用するユーザは、図4のように数値化されたモデルによって伝送路断面の層構成を指示し、また図3に示したようにその寸法を指示する。これは実際のモデル、すなわち図2の導体モデルの層構成と一致するものであり、実体に近い自然形でコンピュータへの指示を行うことが可能となる。

【0023】また本発明のユーザは解析対象モデルの周囲の範囲に対して解析のためのクリティカルポイントの指示を行う。これは図2においてはプリント基板の断面の周囲の空気の領域を更に細かく領域分割するか否かを指示するものである。図5においてX-BOTTOMはモデルの左端部分、すなわち図2のX1、X-TOPはモデルの右端部分すなわちX5、Y-BOTTOMはモデルの底辺の部分すなわちY1、Y-TOPはモデルの上辺部分すなわちY7を示し、これらの部分をそれぞれ2つの領域に分割するか否かの指示がクリティカルポイントの指示として与えられる。

【0024】例えばX-BOTTOM=ONの指示がある時には左端部分、すなわちX1の部分に等分の2つの領域に分割され、ONになっていない場合にはX1の部分はそのまま1つの領域とされる。同様にX5、Y1、およびY7の部分について2つに分割するか否かがクリティカルポイントの指示として与えられる。

【0025】周囲の空気以外の部分、すなわちプリント基板の断面としての伝送路の部分としてのX2～X4、およびY2～Y6の各部分はそれぞれ等分に2つに分割され、図5に示すようにx方向の領域分割数とy方向の領域分割数とが領域分割処理によって決定される。

【0026】この領域分割処理はユーザによるクリティ

カルポイントの指示、すなわち図2における空気の部分に対するクリティカルポイントの指示に応じて自動的に実行される。そして例えばx方向の領域分割数は図2、または図4におけるx方向の層数、ここでは5の2倍から左右のクリティカルでない辺の数を減算したものと与えられる。例えばX1およびX5がクリティカルである場合、すなわちそれぞれ2つの領域に分割される場合には領域分割数は10となり、共に分割されない場合には領域分割数は8となる。

【0027】図6は図5の領域分割処理の結果としての領域分割結果と、それに対応する各領域内のメッシュ要素分割の説明図である。同図は図5における全てのクリティカルポイントの指示がオフである場合を示し、x方向のX1はそのままX1に、またX5はそのままx8になり、y方向のY1はそのままy1に、Y7はy12となり、x方向のX2~X4、およびy方向のY2~Y6はそれぞれ2つの領域に点線によって分割されている。

【0028】本実施例においては領域の境界線のうちで点線がその領域内で面積が最大のメッシュ三角形を含む三角形の辺によって構成される分割線となり、実線が面積最小のメッシュ三角形の辺によって構成される分割線となる。図6の右側のメッシュ分割結果はx8とy1とによって決まる領域の分割結果を示している。この領域における分割線はx7とx8との間の実線、およびy1とy2との間の実線であり、この実線上ではメッシュ分割が最小となるように行われ、これらの辺から遠ざかるにつれて三角形の面積は等比で大きくなる。

【0029】図7は領域分割結果としてのデータの説明図である。図5の領域分割処理が自動的に実行されると、図7のような領域分割結果のデータが得られる。すなわちx方向の領域分割数kは図6では8であり、y方向の領域分割数外1は12

【0030】

【外1】

ℓ

【0031】である。これらの領域分割結果に応じて各領域の寸法すなわち長さと、メッシュ三角形の分割方向を示す+または-のデータが得られる。この分割方向としての+は要素分割が左から右、または上から下に向かって最初は細かく、そしてだんだんと粗く行われることを示し、-はその逆であることを示す。

【0032】図8は領域分割結果に対応する要素分割結果として得られるデータの説明図である。同図において横方向のx1~xk、および縦方向のy1~y外2の各

【0033】

【外2】

ℓ

【0034】領域がそれぞれいくつのメッシュ要素に分割されたかを示す要素分割数が示されている。例えば図

6の右側の要素分割結果ではxkの分割数ak、およびy1の分割数b1は共に5である。

【0035】また図8において、各領域の要素分割結果としての座標値が各領域に対して保持される。例えば横方向の領域x1に対しては、分割数a1に応じて分割結果としての座標a1+1個がデータとして保持される。

【0036】続いてメッシュモデル作成方式のコンピュータシステムによる実現を図9~図18を用いて説明する。図9は本発明のメッシュモデル作成方式を実行するコンピュータシステムの実施例の構成ブロック図である。同図においてシステムは中央処理装置(CPU)20、対象モデルのデータおよびプログラム等を格納するメモリ21、領域分割結果、要素分割結果などを表示するディスプレイ22、クリティカルポイントの指示などを入力するためキーボード23、およびマウス24によって構成されている。

【0037】図10はメッシュ分割結果としての各メッシュ要素に対するデータと、メッシュ要素としての三角形の各頂点のノードのデータの例である。まず各要素(エレメント)に対しては要素番号として1から18が示され、各要素に対してはその要素の三角形の頂点となるノードの番号、例えばエレメント1に対してはノード番号1、5、および2がデータとして示されている。またノード、ここではノード番号1から16に対してそのノードの座標がデータとして示されている。例えばノード番号10に対してはその座標として2、1が示されている。

【0038】図11はメッシュモデル作成プログラムの実行環境、図12はその実行方法を示す。図11においてメッシュモデル作成プログラムの主体としてのXelma ke30に対してまず解析対象指示31が与えられる。そして解析対象モデルに関するデータが記述され、前述のモデル作成制御文の内容となる制御カード32、およびモデルのメッシュ分割とは直接関係のない伝送路解析のための制御文、例えば伝送路解析における周波数帯域、解析対象としての材料の電気的な定数(導電率、透磁率など)が記述された追加カード33が与えられると、これらのデータの内容に応じてメッシュモデル34が出力される。そして図12に示すように生成されたモデルの全てのエレメントの数とノードの数とが表示される。なおここでメッシュ分割と直接関係の無い制御文が記述された追加カードが制御カードと別に入力されるのは、解析対象モデルが変わった場合にも利用できるようにするためである。

【0039】図13は図11における制御カード32のフォーマットの例である。同図に示すように制御カードの先頭の3行にはモデル、エレメント、およびコンディションが記述される。モデルとしては図3で説明したように横方向の分割数としてのm、縦方向の分割数としてのn、材料の種類としての例えば図2では3、およびグ

ループ種類の数が記述される。ここでグループ種類とは、例えば同じ導体であっても流れる電流値が異なるような場合を種類として数えるものである。

【0040】第2行の要素の表皮厚は図3における最小要素長 $e$ を示し、また要素間面積比は $r$ を示す。更に第3行のコンディションは図5で説明したクリティカルポイントの指示であり、表皮ありはクリティカルポイントのオンを示し、例えば「1」で表わされ、無しを示すオフは例えば「0」で表わされる。

【0041】第4行から始まる $g1 \sim gn$ の行には各層を構成するグループ種類の番号が左から順に並べられ、また $m1 \sim mn$ の行には各層の材料の番号が左から順に並べられる。ここで例えば1つの層が一種類の材料だけから構成されている場合には、その1つの材料の番号だけが記述される。

【0042】更に制御カードには、その下に図3に示した縦方向の各層、および横方向の各層の寸法、すなわち長さが記述される。このような制御カードの内容について図14～図16の具体例を用いて更に説明する。

【0043】図14～図16はそれぞれその左側に示したモデルに対する制御カードの内容を示している。例えば図14において、第1行のモデルにおける最初の数値2、および7はそれぞれ横方向、および縦方向の層数を示し、次の3は材料の種類（導体、誘電体、および空気）を示し、2はグループ番号として導体である伝送路とアース電極との電流が異なることを示している。また第3行のコンディションの最後の1は左端の領域、すなわち図2ではX1が2つの領域に分割されることを示している。

【0044】グループ番号のうち例えば下から6層目にあたる $g6$ に対する2はアース電極に対する電流、 $g4$ における1は伝送路における電流としてのグループを示している。更に下から1層目に対する $m1$ から、下から7層目に対応する $m7$ までの材料番号のうちで、1は導体を、2は誘電体を、3は空気を示す。

【0045】図17はメッシュモデル作成結果の出力例である。各ノードに対してはその座標が、また各エレメントに対しては各頂点のノード番号が出力されている。図18はメッシュモデル作成結果の例である。この作成結果は図の上部に示す伝送路モデルに対応するものであり、中央の伝送路の部分に対応する分割形式が横方向に伸ばされると共に、伝送路と誘電体との境界に対する分割形式が縦方向に伸ばされた形となっている。なおこの図では細かい箇所まで表示することが困難であるため領域によって最小要素長 $e$ の長さが異なるように見えるが、実際にはどの領域に対しても最小要素長の値は共通である。

【0046】以上の説明においては、例えばプリント基板上の回路のように解析対象のモデルの断面が断面の垂直方向に対して変化しないものと仮定してメッシュモデ

ルの作成を説明したが、図19に示すように断面の垂直方向に沿って構造が連続的に変化する場合には本発明を適用することが可能である。すなわち図19(a)に示すように左側から右側のように断面構造が変化している場合には、同図(b)に示すように図6における実線の分割線（太線で示す）の位置で最小要素分割が行われるように構造変化に対して整合を取ることで、本発明を適用することが可能となる。

【0047】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によればユーザから最小限の指示を与えることにより有限要素法解析のためのメッシュモデルの自動作成が可能となり、人手による作業を減らし、ユーザの負担を軽減することができる。これによって導体の電気特性の解析に限らず、あらゆる場合の有限要素法解析のためのメッシュモデル作成を容易に行うことができ、有限要素法解析の実用性向上に寄与するところが多い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の機能ブロック図である。

【図2】解析対象モデルとしての導体モデルの例を示す図である。

【図3】図2の導体モデルに対するデータを示す図である。

【図4】図2の導体モデルに対する数値モデル化の例を示す図である。

【図5】クリティカルポイントの指示に対応する領域分割処理を説明する図である。

【図6】領域分割結果と各領域の要素分割結果を説明する図である。

【図7】領域分割結果としてのデータを示す図である。

【図8】各領域の要素分割結果としてのデータを示す図である。

【図9】本発明のメッシュモデル作成方式を実行するコンピュータシステムの構成を示す図である。

【図10】メッシュモデルにおけるエレメントとノードに対するデータの例を示す図である。

【図11】メッシュモデル作成プログラムの実行環境を示す図である。

【図12】メッシュモデル作成プログラムの実行方法を示す図である。

【図13】モデル作成制御文の内容を示す制御カードの説明図である。

【図14】解析対象モデルとそのモデルに対する制御カードの内容を示す図（その1）である。

【図15】解析対象モデルとそのモデルに対する制御カードの内容を示す図（その2）である。

【図16】解析対象モデルとそのモデルに対する制御カードの内容を示す図（その3）である。

【図17】メッシュモデル作成プログラム実行結果としてのエレメント、ノードに対する出力データを示す図で

ある。

【図18】メッシュモデル作成結果を示す図である。

【図19】解析対象モデルの断面が変化する場合に対する本発明の適用を説明する図である。

【図20】従来のメッシュモデル作成方式を説明する図である。

【符号の説明】

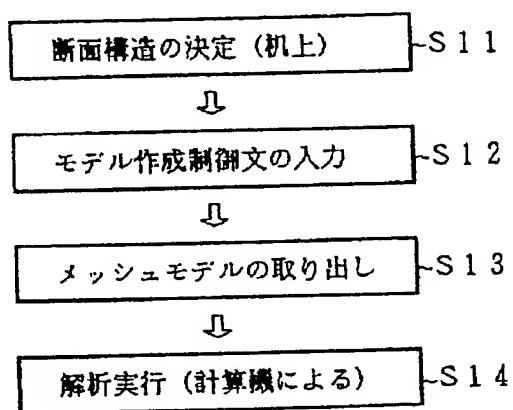
20 中央処理装置 (CPU)

\*

\* 21 メモリ  
22 ディスプレイ  
23 キーボード  
24 マウス  
32 制御カード  
33 追加カード  
34 メッシュモデル

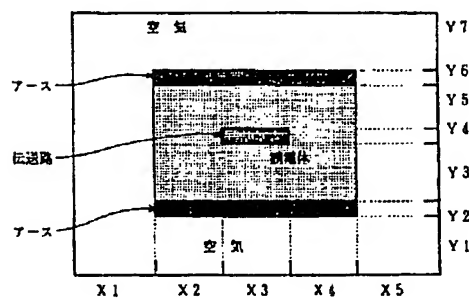
【図1】

## 本発明の機能ブロック図



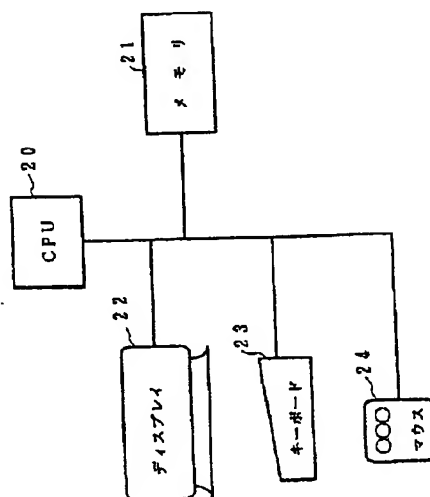
【図2】

解析対象モデルとしての  
導体モデルの例を示す図



【図9】

本発明のメッシュモデル作成方式と実行時のコンピュータシステムの  
構成を示す図



【図3】

図2の導体モデルに対する  
データを示す図

長さ	
	Y1
	Y2
	⋮
	Yn

長さ	
	X1
	X2
	⋮
	Xn

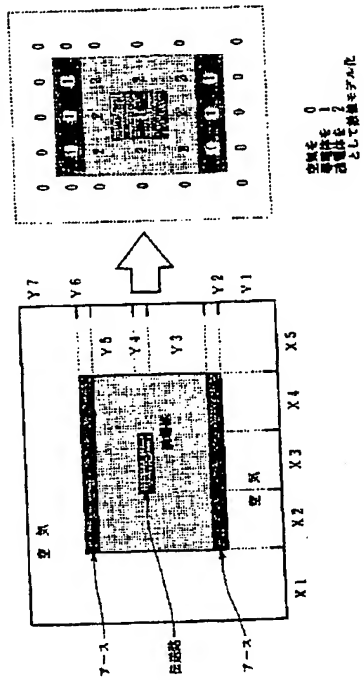
x方向層数	n
y方向層数	m
最小要素長	e
隣接要素の面積比	r

(図2の例では、 $n=5$ ,  $m=7$ )



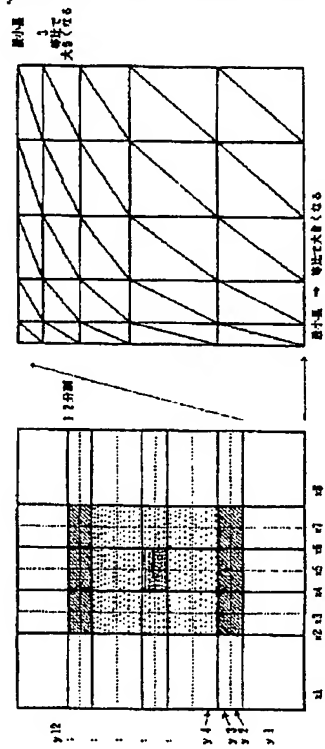
【図4】

図2の導体モデルに対する数値モデル化の例を示す図



【図6】

領域分割結果と各領域の要素分割結果を説明する図



※ 実線の分割線は位置が最小要素分割による  
点線の分割線は位置が最大要素分割による

【図5】

クリティカルポイントの指示に対応する領域分割処理を説明する図

クリティカル・ポイント指示・X-BOTTOMはモデルの左端部分、X-TOPはモデルの右端部分  
Y-BOTTOMはモデルの底辺部分、Y-TOPはモデルの上辺部分の指示

IF	X-BOTTOM=ON	THEN	X1を等分に2つに分割し、それぞれを1つの領域とする。
		ELSE	X1はそのまま1つの領域とする。

IF	X-TOP =ON	THEN	X5を等分に2つに分割し、それぞれを1つの領域とする。
		ELSE	X5はそのまま1つの領域とする。

X2~X4	はすべて	等分に2つに分割し、それぞれを1つの領域とする。
-------	------	--------------------------

IF	Y-BOTTOM=ON	THEN	Y1を等分に2つに分割し、それぞれを1つの領域とする。
		ELSE	Y1はそのまま1つの領域とする。

IF	Y-TOP =ON	THEN	Y7を等分に2つに分割し、それぞれを1つの領域とする。
		ELSE	Y7はそのまま1つの領域とする。

Y2~Y6	はすべて	等分に2つに分割し、それぞれを1つの領域とする。
-------	------	--------------------------



x方向の領域分割数	=	x方向の層数	x	2	-	左右辺のクリティカルでない辺の数
y方向の領域分割数	=	y方向の層数	y	2	-	上下辺のクリティカルでない辺の数

【図7】

領域分割結果としてのデータを示す図 各領域の要素分割結果としてのデータを示す図

x方向領域分割数	k
y方向領域分割数	l

	長さ	分割方向
x 1	x 1の長さ	-
x 2	x 2の長さ	+
:		
x k	x kの長さ	+

	長さ	分割方向
y 1	y 1の長さ	-
y 2	y 2の長さ	+
:		
y l	y lの長さ	+

(分割方向は、+が要素分割が細から粗、-がその逆)

【図8】

X 1	x 1の要素分割数 (a1)
X 2	x 2の要素分割数 (a2)
:	
x k	x kの要素分割数 (ak)

↓  
領域分割のx1について (x1~xkについて存在)

0	左端の座標
1	左から1番目
2	左から2番目
:	
a 1	右端の座標

↑  
領域を要素分割する時の分割位置座標 (a 1+1個)

y 1	y 1の要素分割数 (b1)
y 2	y 2の要素分割数 (b2)
:	
y l	y lの要素分割数 (bl)

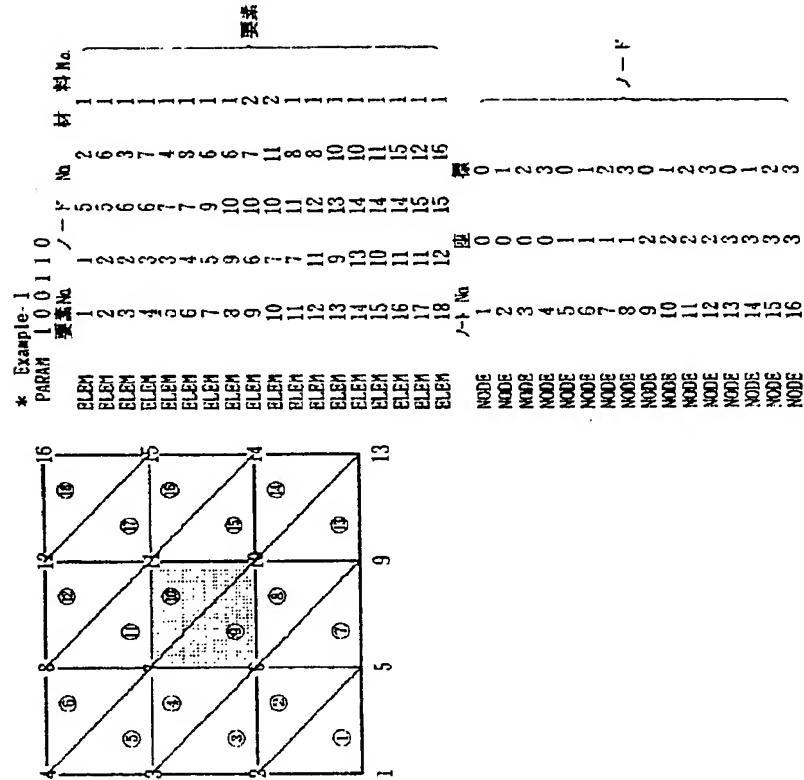
↓  
領域分割のy1について (y1~ylについて存在)

0	下端の座標
1	下から1番目
2	下から2番目
:	
b 1	上端の座標

↑  
領域を要素分割する時の分割位置座標 (b 1+1個)

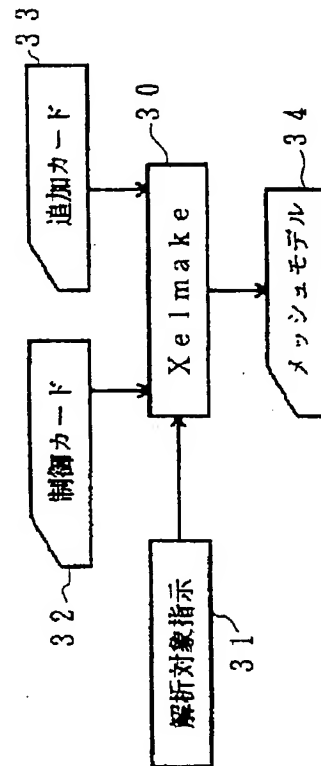
【図10】

メッシュモデルにおけるエレメントとノードに対するデータの例を示す図



【図11】

メッシュモデル作成プログラムの実行環境を示す図



〔図12〕

メッシュモデル作成プログラムの実行方法を示す図

```

Xelmake cntl-file (add-file) (out-file) ↓
***** MESH GENERATOR START *****
group (1) (q,i,b,n) => b ↓
group (2) (q,i,b,n) => n ↓
***** MESH GENERATOR END *****

total elements => 4621
total nodes   => 3256
  
```

---

```

cntl-file : 制御カードファイル名、省略不可
add-file  : 追加カードファイル名、省略可
out-file  : 出力ファイル名、省略時は
            標準出力へ出力する。

グループ番号別の      : q (電荷)、i (電流)
解析指示              : b (両方)、n (解析なし)

生成モデルの総エレメント数と
総ノード数が表示される。
  
```

【図13】

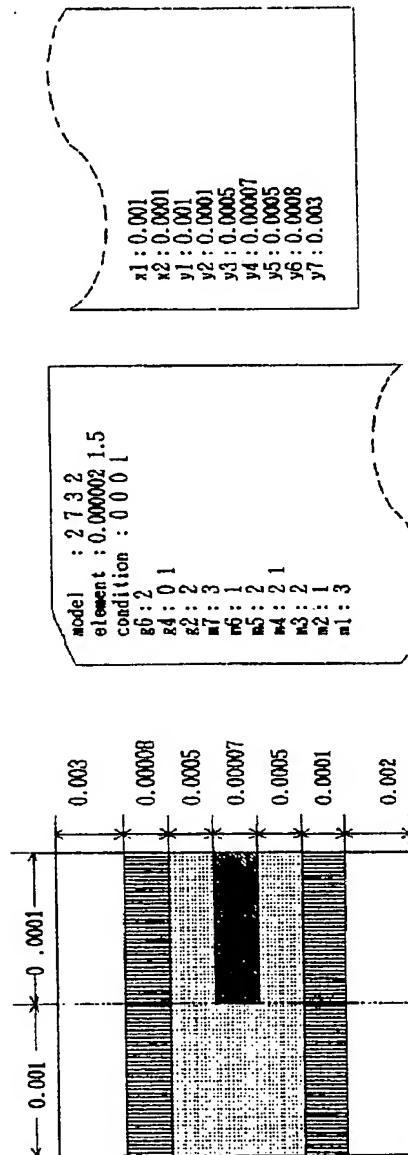
モデル作成制御文の内容を示す制御カードの説明図

model	X方向分割数	Y方向分割数	材料種類数	グループ種類数
element	表皮厚	要素間面積比	上端表皮有無	左端表皮有無
condition	下端表皮有無	右端表皮有無	右端表皮有無	左端表皮有無
g1	下から1層目のグループ番号を左から順に並べる。			
:				
gn	下からn層目のグループ番号を左から順に並べる。			
m1	下から1層目の材料番号を左から順に並べる。			
:				
mn	下からn層目の材料番号を左から順に並べる。			
x1	横方向に左から1分割目の寸法			
:				
xm	横方向に左からm分割目の寸法			
y1	縦方向に下から1層目の寸法			
:				
yn	縦方向に下からn層目の寸法			

0.1で表す  
層内で全て同じ時は、  
1つのみの指定で良い。

【図14】

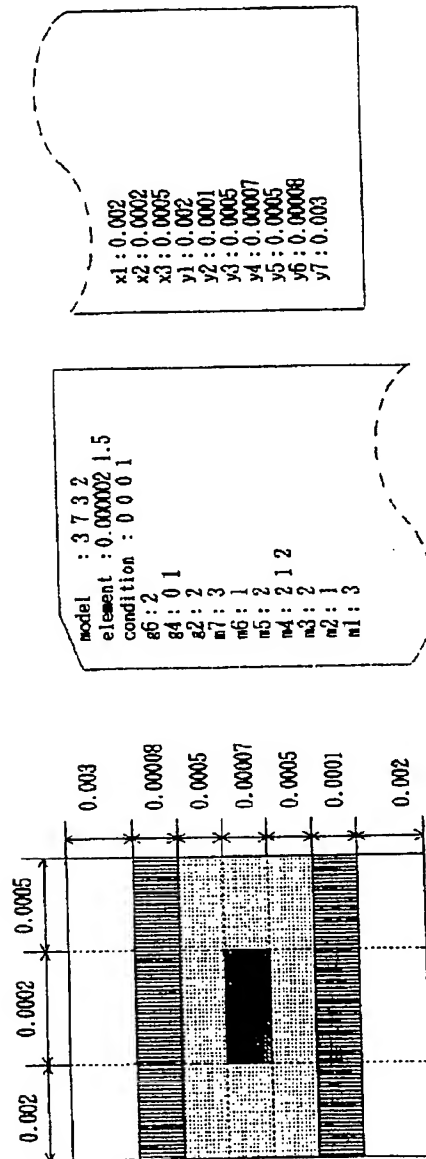
解析対象モデルとそのモデルに対する制御カードの内容を示す図  
(その1)





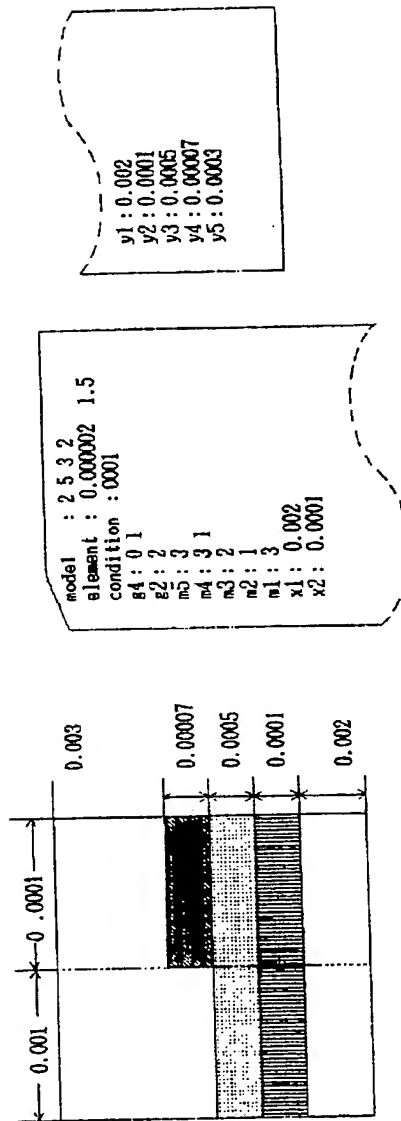
【図15】

解析対象モデルとそのモデルに対する制御カードの内容を示す図  
(その2):



【図16】

解析対象モデルとそのモデルに対する制御カードの内容を示す図  
(その3)



【図17】

メッシュモデル作成プログラム実行結果としての  
エレメント、ノードに対する出力データを示す図

```

***< 6000 model Simulation>***
PARAM 220320
*** (0, 0) region ***
FIXP 3161000000000
NODE 1 0.000000E+00 0.000000E+00
NODE 2 2.000000E-06 0.000000E+00
NODE 3 7.000000E-06 0.000000E+00
NODE 4 1.950000E-05 0.000000E+00
NODE 5 3.975000E-05 0.000000E+00
NODE 6 6.000000E-05 0.000000E+00
NODE 7 0.000000E+00 1.755625E-04
NODE 8 2.000000E-06 1.755625E-04
NODE 9 7.000000E-06 1.755625E-04
NODE 10 1.950000E-05 1.755625E-04
NODE 11 3.975000E-05 1.755625E-04
NODE 12 6.000000E-05 1.755625E-04
NODE 13 0.000000E+00 3.511250E-04
NODE 14 2.000000E-06 3.511250E-04
NODE 15 7.000000E-06 3.511250E-04
NODE 16 1.950000E-05 3.511250E-04
NODE 17 3.975000E-05 3.511250E-04
NODE 18 6.000000E-05 3.511250E-04

```

```

ELEM 1 1 2 8 1
ELEM 2 1 7 8 1
ELEM 3 2 3 9 1
ELEM 4 2 8 9 1
ELEM 5 3 4 10 1
ELEM 6 3 9 10 1
ELEM 7 4 5 11 1
ELEM 8 4 10 11 1
ELEM 9 5 6 12 1
ELEM 10 5 11 12 1
ELEM 11 7 8 14 1
ELEM 12 7 13 14 1
ELEM 13 8 9 15 1
ELEM 14 8 14 15 1
ELEM 15 9 10 16 1
ELEM 16 9 15 16 1
ELEM 17 10 11 17 1

```

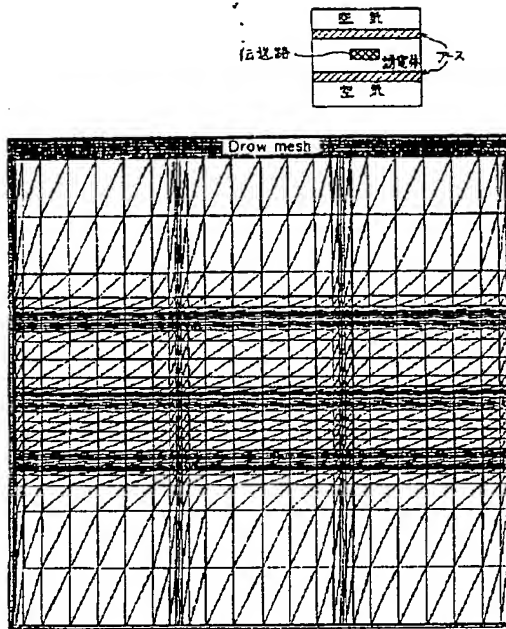
```

ELEM 3111 1603 1634 1639 1
ELEM 3112 1603 1608 1639 1
ELEM 3113 1634 1635 1640 1
ELEM 3114 1634 1639 1640 1
ELEM 3115 1635 1636 1641 1
ELEM 3116 1635 1640 1641 1
ELEM 3117 1636 1637 1642 1
ELEM 3118 1636 1641 1642 1
ELEM 3119 1637 1638 1643 1
ELEM 3120 1637 1642 1643 1
ICRP 1 1
QCRP 1 1
ICRP 2 1
QCRP 2 1
END

```

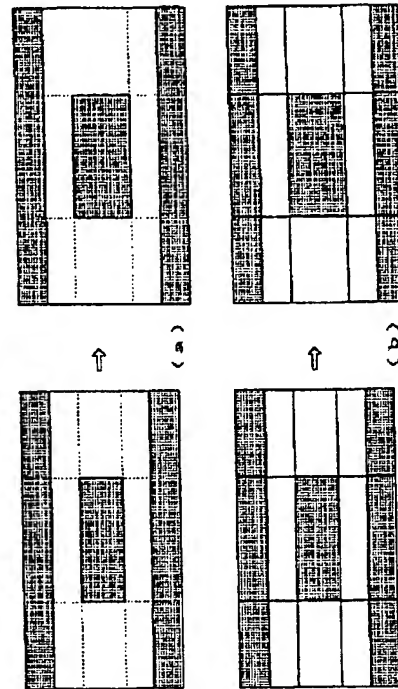
【図18】

メッシュモデル作成結果を示す図



【図19】

解析対象モデルの断面が変化する場合に対する本発明の適用を説明する図



【図20】

従来のメッシュモデル作成方式を説明する図

